

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/KR04/003471

International filing date: 27 December 2004 (27.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: KR
Number: 10-2003-0098211
Filing date: 27 December 2003 (27.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 14 February 2005 (14.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



**This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.**

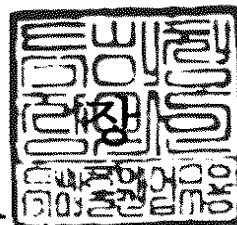
출 원 번 호 : 특허출원 2003년 제 0098211 호
Application Number 10-2003-0098211

출 원 년 월 일 : 2003년 12월 27일
Date of Application DEC 27, 2003

출 원 인 : 한국전자통신연구원
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Institute

2005 년 1 월 10 일

특 허 청
COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0005
【제출일자】	2003.12.27
【발명의 명칭】	무선 랜 시스템을 위한 프리앰블 구성 방법 및 프레임 동기 검출 방법
【발명의 영문명칭】	A preamble configuring method in the Wireless LAN System, and a method for a frame synchronization detection
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【명칭】	유미특허법인
【대리인코드】	9-2001-100003-6
【지정된변리사】	이원일
【포괄위임등록번호】	2001-038431-4
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이우용
【성명의 영문표기】	LEE, WOO YONG
【주민등록번호】	660808-1023813
【우편번호】	305-755
【주소】	대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 112동 405호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이석규
【성명의 영문표기】	LEE, SOK KYU
【주민등록번호】	620228-1019314
【우편번호】	305-729
【주소】	대전광역시 유성구 전민동 나래아파트 101동 1102호
【국적】	KR
【심사청구】	청구

【취지】 특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인
유미특허법인 (인)

【수수료】

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 20 면 20,000 원

【우선권 주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 19 항 717,000 원

【합계】 766,000 원

【감면사유】 정부출연연구기관

【감면 후 수수료】 383,000 원

【기술이전】

【기술양도】 희망

【실시권 허여】 희망

【기술지도】 희망

【첨부서류】 1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】

【요약】

본 발명은 60GHz 무선 LAN 시스템에서 프레임 단위로 전송되는 데이터의 프레임 동기를 검출하기 위한 프리앰블 구성 방법 및 프레임 동기 검출 방법에 관한 것이다. 이 프레임 동기 검출 방법에서는 프레임에 포함된 복수 개의 반복되는 S 심볼과 한 개의 IS 심볼을 구비한 짧은 프리앰블의 자기상관 특성에 따라 프레임 동기를 검출한다. 상기 프레임 동기 후에, 특정 구간으로 설정된 윈도우에 따른 자기 상관을 수행하여 타이밍을 추정한다. 본 발명에 따르면, 60GHz 무선 LAN 시스템에서 패킷 혹은 프레임 단위의 송수신이 이루어질 때 프레임의 시작점을 검출함으로써, 수신단에서 신호의 신뢰성 높은 복조를 가능하게 해주고, 또한 60GHz 무선 LAN 시스템 전체의 용량을 높일 수 있다.

【대표도】

도 12

【색인어】

무선 LAN 시스템, 프레임, 동기화, 자기상관

【명세서】

【발명의 명칭】

무선 랜 시스템을 위한 프리앰블 구성 방법 및 프레임 동기 검출 방법{A preamble configuring method in the Wireless LAN System, and a method for a frame synchronization detection}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명에 따른 60GHz 무선 LAN(WLAN)을 위한 하향링크 PDU 행렬을 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명에 따른 60GHz 무선 LAN을 위한 하향링크 프리앰블 구조를 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명에 따른 60GHz 무선 LAN을 위한 시간영역에서 짧은(Short) 프리앰블의 구조를 나타내는 도면이다.

도 4는 본 발명에 따른 60GHz 무선 LAN을 위한 시간영역에서 긴(Long) 프리앰블의 구조를 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명에 따른 60GHz 무선 LAN을 위한 시간영역에서 프리앰블의 파라미터를 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명에 따른 60GHz 무선 LAN 시스템의 짧은 프리앰블에서 IS 심볼 대신 CP(cyclic prefix)를 삽입한 경우의 프레임 동기 추정 과정을 나타내는 도면이다.

도 7a 내지 도 7d는 본 발명에 따른 60GHz 무선 LAN 시스템에서의 프레임 동기 수행시 윈도우의 크기별 자기상관을 나타내는 도면이다.

도 8은 본 발명에 따른 자기상관 방식을 사용한 심볼 타이밍 검출 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 9는 본 발명에 따른 FA(false alarm)의 확률을 낮추기 위하여 별도의 자기상관 방식을 포함한 심볼 타이밍 검출 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 본 발명에 따른 확인을 위한 자기상관 방식을 포함한 심볼 타이밍 검출 과정을 나타내는 도면이다.

도 11은 본 발명에 따른 60GHz 무선 LAN 시스템의 짧은 프리앰블에서 CP 심볼 대신 IS를 삽입한 경우의 프레임 동기 추정 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 12는 본 발명에 따른 프레임 동기 과정에서 타이밍의 정확도를 높이기 위하여 타이밍 추정 과정을 포함시키는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 13은 본 발명에 따라, 프레임 동기 성능과 미세 심볼 타이밍 추정시 계산량을 고려한 윈도우 크기를 결정하기 위한 시뮬레이션 결과를 나타내는 도면이다.

도 14a 내지 도 14c는 본 발명에 따라, 윈도우 크기를 64 샘플로 하고, 검출 범위를 64(=32) 샘플로 할 경우, 채널별 프레임 동기 알고리즘 성능 결과를 나타내는 도면이다.

도 15a 내지 도 15c는 본 발명에 따라, 타이밍 추정 과정을 포함시키는 방법에 대한 자기 상관 윈도우의 크기를 64 샘플로 하고, 그 검출 범위를 각각 16, 32, 64인 경우, 프레임 동기 성능 알고리즘에 대한 결과를 나타내는 도면이다.

도 16은 본 발명에 따른 SNR 5dB 상황에서 충분한 자기상관 윈도우 크기를 사용하는 방법의 알고리즘을 사용한 경우와 타이밍 추정 과정을 포함시키는 방법에서 검출 범위가 16인 경우의 성능을 비교하는 테이블을 나타내는 도면이다.

도 17은 본 발명에 따른 SNR 5dB 상황에서 검출 범위를 64 샘플로 동일하게 적용하였을 경우의 프레임 동기 성능을 비교하는 테이블을 나타내는 도면이다.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<18> 본 발명은 무선 랜 시스템을 위한 프리앰블 구성 방법 및 프레임 동기 검출 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로, 60GHz 무선 LAN 시스템에서 프레임 단위로 전송되는 데이터의 프레임 동기를 검출하기 위한 프리앰블 구성 방법 및 프레임 동기 검출 방법에 관한 것이다.

<19> 종래의 무선 LAN 시스템에서 프레임 단위의 송수신을 하는 경우, 일반적으로 프레임의 시작 부분은 수신단에서 미리 알고 있는 신호를 보내게 된다. 이러한 신호를 이용하여 수신단에서는 복조를 위해 심볼 타이밍 검출을 하는데, 이것은 실제 사용자의 데이터가 시작되는 부분의 시작점을 검출하는 기능을 말한다.

<20> 이러한 시작점 검출 방법에는 수신된 신호의 자기상관(auto-correlation)을 이용하는 방법 및 교차상관(cross-correlation)을 이용하는 방법이 있다.

<21> 상기 교차상관을 사용하는 방법은 매 클럭 주기마다 계산해야 할 량이 많고, 반송파 주파수 오차가 있는 경우에 성능 저하가 발생하는 단점이 있다. 반면에 상기 자기상관 방법은 계산량이 적고 구현이 간단한 장점이 있다.

<22> 한편, V. Almenar 등이 2001년 IEEE지의 제2권 762 내지 766 페이지에 "Synchronization Technique for HIPERLAN/2"라는 명칭으로 게재한 논문에서는, 5GHz OFDM WLAN 시스템에서 프레임 동기 검출을 위하여, 자기상관의 크기와 위상을 동시에 이용함으로써, 5GHz OFDM WLAN 시스템에서 적용하는 것을 개시하고 있다.

<23> 하지만, 상기 선행 논문에 기재된 기술은 현재 60GHz WLAN 시스템에서 고려하는 반송파 주파수 오프셋에 적용할 수 없다는 문제점이 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<24> 상기 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 60GHz 무선 LAN 시스템을 위한 성능 및 구현 복잡도 면에서 효율적인 무선 랜 시스템을 위한 프레임 동기 검출 방법을 제공하기 위한 것이다.

<25> 또한, 본 발명의 다른 목적은 프레임의 송수신을 가정하는 시스템에서 많이 사용되고 있는 주기적으로 반복되는 프리앰블 신호의 자기상관특성을 이용하여 실제 사용자의 프레임의 시작점을 검출하는 무선 랜 시스템을 위한 프레임 동기 검출 방법을 제공하기 위한 것이다.

<26> 또한, 본 발명의 또 다른 목적은 60GHz WLAN 시스템을 위한 두 종류의 물리계층 프리앰블, 즉 하향링크 프리앰블과 상향링크 프리앰블 구성 방법을 제공하기 위한 것이다.

<27> 또한, 본 발명의 또 다른 목적은 주기적으로 반복되는 프리앰블을 이용하고 자
기상관 기법을 이용한 방법을 제시하며, 성능과 구현의 복잡도를 간소화하는 무선 랜
시스템을 위한 프리앰블 구성 방법 및 프레임 동기 검출 방법을 제공하기 위한 것이
다.

【발명의 구성 및 작용】

- <28> 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 하나의 특징에 따른 프리앰블 구성 방법
은,
- <29> 무선 랜 시스템에서 동기화와 채널 상태 추정을 위해 하향링크 프레임의 프리앰
블을 구성하는 방법으로서,
- <30> a) 상기 상향링크 및 하향링크 버스트의 앞부분에, 수신단에서 시간 동기 및 대
략적 주파수 동기를 얻기 위해 사용되는 짧은 프리앰블 (Short Preamble)을 배치하는
단계 –여기서 짧은 프리앰블 배치 단계는, 상기 상향링크 및 하향링크 버스트의 앞부
분에 S 심볼을 복수 개 반복하여 배치하는 단계; 및 상기 S 심볼 후에 IS 심볼을 배
치하는 단계를 포함함 –; 및 b) 상기 짧은 프리앰블 후에, 상기 수신단에서 미세 주
파수 오프셋 추정과 채널 추정에 사용되는 긴 프리앰블 (Long Preamble)을 배치하는
단계 –여기서 긴 프리앰블 배치 단계는, 상기 짧은 프리앰블 후에, 긴 CP (Long
Cyclic Prefix)를 배치하는 단계; 및 상기 긴 CP 후에, L 심볼을 복수 개 반복하여
배치하는 단계를 포함함 –를 포함한다.

- <31> 여기서, 상기 a) 단계에서, 상기 S 심볼은 데이터 심볼 주기 내에서 16번 반복 되도록 배치되고, 상기 IS 심볼은 보호구간의 길이를 가지며, 상기 S 심볼과 180도의 위상차를 가지는 것을 특징으로 한다.
- <32> 또한, 상기 b) 단계에서, 상기 L 심볼은 각각 데이터 심볼 주기의 길이를 가지며 두 번 반복되도록 배치되고, 상기 긴 CP는 보호구간 길이의 두 배의 길이를 가지는 것을 특징으로 한다.
- <33> 본 발명의 다른 특징에 따른 프레임 동기 검출 방법은,
- <34> 무선 LAN 시스템에서 프레임 단위로 전송되는 데이터의 프레임의 동기를 검출하는 방법으로서,
- <35> 상기 프레임은 복수 개의 반복되는 S 심볼과 한 개의 IS 심볼을 구비한 짧은 프리앰블을 포함하며, a) 상기 주기적으로 반복되는 신호 형태의 짧은 프리앰블의 자기상관 특성에 따라 프레임 동기를 검출하는 단계; 및 b) 상기 검출된 프레임 동기 후에, 특정 구간으로 설정된 윈도우에 따른 자기 상관을 수행하여 타이밍을 추정하는 단계를 포함한다.
- <36> 여기서, 상기 a) 단계에서, 상기 프레임 동기 검출을 위해 자기상관의 윈도우 크기와 위상을 동시에 이용하는 것을 특징으로 한다.
- <37> 또한, 상기 a) 단계는, i) 상기 짧은 프리앰블 신호를 자기상관 지연량만큼 지연시키는 단계; ii) 상기 지연된 신호의 켄레 복소수 값을 상기 수신된 신호에 곱하여 평균값을 계산하는 단계; iii) 상기 i) 단계에서 지연된 신호를 제공하여 평균값

을 계산하는 단계; iv) 상기 ii) 단계에서 계산된 평균값과 상기 iii) 단계에서 계산된 평균값에 기초하여 자기 상관값을 산출하는 단계를 포함한다.

<38> 또한, 상기 ii) 단계에서, 상기 곱해진 결과값은 소정의 윈도우 크기를 갖는 시프트 레지스터에 저장되는 것을 특징으로 한다.

<39> 또한, 상기 b) 단계에서, 상기 설정된 윈도우 구간 동안 자기 상관의 최대 피크를 찾아 타이밍을 추정하는 것을 특징으로 한다.

<40> 또한, 상기 iv) 단계 후에, 거짓 경보 (FA)의 확률을 낮추기 위하여 별도의 자기 상관 방식을 포함하는 심볼 타이밍을 검출하는 확인 과정을 한번 더 거치는 단계를 더 포함한다.

<41> 이하, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명의 실시예에 따른 무선 랜 시스템을 위한 프리앰블 구조 및 프레임 동기 검출 방법을 상세히 설명한다.

<42> 일반적으로 통신 시스템에서 프레임 단위의 데이터 전송을 위하여 송신단에서는 먼저 수신단에서 미리 알고 있는 형태의 신호를 보낸다. 이러한 형태의 신호는 보통 프리앰블 (Preamble) 또는 훈련신호라고 한다.

<43> 본 발명에서는 60GHz WLAN 시스템을 위한 두 종류의 물리계층 프리앰블, 즉 하향 링크 프리앰블과 상향링크 프리앰블 구조를 구현하고, 또한 본 발명에서는 주기적으로 반복되는 프리앰블 신호의 자기상관 특성을 이용하여 프레임의 시작점을 검출하는 방법과 타이밍의 정확도를 높이기 위한 타이밍 추정과정을 포함하는 프레임 동기 검출 방법을 구현하게 된다.

<44> 또한, 본 발명은 60GHz 무선 LAN 시스템에서 프레임 단위로 전송되는 데이터의 프레임 동기를 검출하는 방법을 구현하며, 이때, 60GHz WLAN 시스템의 프레임 동기 알고리즘은 자기상관의 크기와 위상을 동시에 이용하는 방법을 적용하게 된다.

<45> 본 발명에서 프레임 동기 알고리즘을 사용하는 이유는 60GHz WLAN 시스템이 OFDM/TDD 방식이기 때문이다. 상기 60GHz WLAN 시스템에서 고려하는 반송파 주파수 오프셋 ± 5.12 를 기존의 유사한 시스템인 HIPERLAN/2에 적용한 동기 알고리즘을 적용할 경우, 위상 변화량은 $2\pi \times 5.12 \times 16(\text{window delay}) / 256(\text{FFT size}) = 0.64\pi$ 가 되어 $\pi/2$ 를 넘게 된다. 그러므로 60GHz WLAN 시스템에서 상향 및 하향링크를 구분하기 어렵다. 또한, 상향링크의 짧은 프리앰블을 고려하지 않고 사전 보상(pre-compensation) 기법을 사용하는 것도 같은 이유이다.

<46> 상기 60GHz WLAN 시스템은 다음의 두 종류의 물리계층 버스트(Burst)가 존재한다. 이것은 하향링크 버스트와 상향링크 버스트를 말한다. 상위 계층에서 입력되는 PDU(Protocol Data Unit) 행렬은 동기화와 채널 상태추정 등의 목적을 위한 프리앰블이 첨가되어 물리계층 버스트로 사상된다.

<47> 도 1은 본 발명에 따른 60GHz 무선 LAN(WLAN)을 위한 하향링크 PDU 행렬을 나타내는 도면으로서, 프리앰블(11) 및 Payload(12)로 이루어지며, 하향링크 PDU 행렬은 하향링크 물리계층 버스트로 사상되고, 이 버스트는 복수의 기저대역 OFDM 심볼에 프리앰블(11)을 첨가하여 만들어진단.

<48> 도 2는 본 발명에 따른 60GHz 무선 LAN을 위한 하향링크 프리앰블 구조를 나타내는 도면으로서, 하향링크 프리앰블은 T_p 의 길이를 가지며, T_{sp} 의 길이를 갖는 짧은 프리앰블(21)과 T

T_{LP} 의 길이를 갖는 긴 프리앰블 (22)로 구성된다. 상기 짧은 프리앰블 (21)은 수신단에서 시간 동기 및 대략적 주파수 동기를 얻기 위해 사용된다.

<49> 도 3은 본 발명에 따른 60GHz 무선 LAN을 위한 시간영역에서 짧은 (Short) 프리앰블의 구조를 나타내는 도면이다. T_{SP} 의 길이를 갖는 시간영역의 짧은 프리앰블은 데이터 심볼 주기 내에서 16번 반복되는 S 심볼 (31, 32), 및 보호구간의 길이를 가지며 S 심볼과 180도의 위상차를 가지는 IS 심볼 (33)로 구성된다.

<50> 상기 짧은 프리앰블의 주파수 영역 신호는 다음 수학식 1과 같고, 이때 시간영역 신호는 주파수 영역 신호를 IFFT한 신호에 IS 심볼이 추가되어 구성된다.

<51>

$$SP_k = \begin{cases} \sqrt{200/24} \times (C_{1,m+1}^4 + jC_{8,m+1}^4), & k = 16 \times m, 0 \leq m < 6 \\ \sqrt{200/24} \times (C_{1,m+1}^4 + jC_{8,m+1}^4), & k = 16 \times (m+1) + 4, 6 \leq m \leq 11 \\ 0, & otherwise \end{cases}$$

【수학식 1】

<52> 여기서, $\sqrt{200/24}$ 는 200개의 부반송파 중에서 12개의 부반송파만을 사용하기 때문에 발생하는 전력 정규화 값이며, $C_{s,m}^4$ 은 s를 초기값으로 하고 다항식 $x^4 + x + 1$ 을 갖는 차수 4의 m-시퀀스 발생기에서 발생하는 수열 중에서 0을 -1로 도치한 값이다.

<53> 도 4는 본 발명에 따른 60GHz 무선 LAN을 위한 시간영역에서 긴 (Long) 프리앰블의 구조를 나타내는 도면이다. 상기 T_{LP} 의 길이를 갖는 긴 프리앰블은 수신단에서 미세 주파수 오프셋 추정과 채널 추정에 이용된다. 시간영역의 긴 프리앰블은 데이터 심볼 주기의 길이를 가지며 두 번 반복되는 L 심볼 (42, 43)과 보호구간 길이의 두 배의 길이를 가지는 Long CP (Cyclic Prefix) (41)로 구성된다.

<54> 상기 긴 프리앰블의 주파수 영역 신호는 다음 수학식 2와 같고, 이때, 시간영역 신호는 주파수영역 신호를 IFFT한 신호를 두번 반복시킨 후 CP 길이의 두 배의 길이로 Long CP(41)를 삽입하여 구성된다.

<55>
$$LP_k = \begin{cases} C_{L,m+1}^8, & \text{if } k \neq 100 \\ 0, & \text{if } k = 100 \end{cases}, 0 \leq k < 200$$

【수학식 2】

<56> 여기서, $C_{s,m}^8$ 은 s를 초기값으로 하고 다항식 $x^8+x^7+x^6+x+1$ 을 갖는 차수 8의 m-시퀀스 발생기에서 발생하는 수열 중에서 0을 -1로 대치한 값이다.

<57> 도 5는 본 발명에 따른 60GHz 무선 LAN을 위한 시간영역에서 프리앰블의 파라미터를 나타내는 도면으로서, 상향링크 버스트는 하향링크와 달리 주기적인 상향링크 프리앰블이 없기 때문에 각 WT는 하향링크 부프레임의 하향링크 프리앰블을 이용하여 반송파 주파수를 추정하고, 상향링크의 반송파 주파수 오차를 부반송파간 주파수차의 1% 이내로 유지한다. 또한, 하향링크의 프리앰블로부터 추정된 AP의 평균 송신 전력값으로부터 적정 상향링크의 송신전력을 도출한다. 즉, AP에 도달하는 상향링크 신호는 반송파 주파수 복원과 자동 이득조정 (AGC) 과정이 필요 없으며, 반송파 주파수 오차가 충분히 작으므로, 심볼 타이밍 검출은 CP를 이용하여 추정한다.

<58> 상기 프레임 동기의 기능은 프레임의 시작점을 찾는 동시에 이후의 동기화 과정, 특히, 미세 심볼 타이밍 추정 과정이 수행될 수 있게 대략적인 타이밍을 추정하는 것이다. 상기 프레임 동기 알고리즘의 성능 분석 기준을 타이밍의 정확도 (Timing accuracy)와 거짓 경보 (False alarm: FA) 확률의 개념을 하나로 합치고, 검출 실패 확률 (Detection failure probability: DF)을 추가하여 두 가지의 기준으로 정의한다.

상기 프레임 동기 성능은 자기 상관 윈도우의 크기에 영향을 받는다. 그러나 상기 두 가지의 기준을 사용할 경우, 윈도우의 크기가 커지면 검출 범위 (detection range)가 그에 상응하여 커져야 하는 제한이 있다.

<59> 도 6은 본 발명에 따른 60GHz 무선 LAN 시스템의 짧은 프리앰블에서 IS 심볼 대신 CP를 삽입한 경우의 프레임 동기 추정 과정을 나타내는 도면이다.

<60> 도 6에 도시된 바와 같이, N 개의 s_m (s_{15}, s_{16}) 심볼을 사용하여 미세 심볼 타이밍을 추정할 경우, 상호 상관의 수행 구간을 16 샘플 이내로 한다. 따라서 프레임 동기 시에 그 검출 범위는 프리앰블의 시작점을 기준으로 48 샘플 이내여야 하고, 이때, 자기 상관의 윈도우 크기를 16 샘플 이상으로 잡는다면, 타이밍 정확도에 의한 성능 열화, 즉 프리앰블 구간에서 프레임의 시작점은 찾았으나 검출 범위를 만족시키지 않아서 생기는 FA(False Alarm) 확률이 증가하게 된다.

<61> 도 7a 내지 도 7d는 각각 본 발명에 따른 60GHz 무선 LAN 시스템에서의 프레임 동기 수행시 윈도우의 크기별 자기상관을 나타내는 도면이다.

<62> 도 7a 내지 도 7d를 참조하면, 윈도우의 크기가 16 샘플 이하인 경우 또한 잡음이 없는 상황에서조차 첫 번째 피크와 두 번째 피크의 비가 -6dB 이하가 되어 프레임 동기가 거의 이루어지지 않는다.

<63> 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 방안으로는 검출 범위를 넓혀서 충분한 자기 상관 윈도우의 크기를 사용하는 방법을 첫 번째로 제시한다(제1 방법).

<64> 이러한 충분한 자기상관 윈도우의 크기를 사용하는 제1 방법에서는 수신 신호가 자기상관 지연

N_{Delay} 만큼 지연된다. 지연된 신호의 켄레 복소수 값을 수신된 신호에 곱한다. 결과 값은 윈도우 크기가 N_{WS} 인 시프트 레지스터에 저장되고 저장된 값의 평균값이 계산된다. 이렇게 평균된 값을 바탕으로 임계치 (threshold value) 검출과 최대값 위치 찾기가 실행되고, 이 결과에 의해 심볼 타이밍이 추정된다.

<65> 도 8은 본 발명에 따른 자기상관 방식을 사용한 심볼 타이밍 검출 방법을 설명하기 위한 도면으로서, 도 8과 수학식 3은 자기상관 방식을 사용한 심볼 타이밍검출 과정을 정리한 것이다.

<66> 먼저, 수신 신호 y_n 과 N_{Delay} 샘플 (81) 만큼 지연되어 켄레 복소수화 (82) 된 신호 $y_{n-N_{Delay}}$ 의 곱 (83) 은 평균 (Moving average) 블록 (84) 의 입력 값이 된다. 또한 N_{Delay} 샘플 (85) 만큼 지연된 수신 신호의 크기의 제곱값 (86) 역시 평균 블록 (87) 에 입력되어 평균값이 계산 (89) 되어 최종 결과값 \hat{t}_n 을 구하는 데 쓰인다. 상기 상관 계수에 해당하는 최종 결과값 \hat{t}_n 는 다음 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

<67>

$$\hat{t}_n = \frac{\sum_{i=0}^{N_{WS}-1} y_{k-i} y_{k-N_{Delay}-i}^*}{\sum_{i=0}^{N_{WS}-1} |y_{k-N_{Delay}-i}|^2}$$

【수학식 3】

<68> 이때, 상관 계수 \hat{t}_n 가 임계치 또는 문턱값 THR보다 크면 원하는 신호가 수신된 것으로 판단한다.

<69> 도 9는 본 발명에 따른 FA의 확률을 낮추기 위하여 별도의 자기상관 방식을 포함한 심볼 타이밍검출 과정을 설명하기 위한 도면이다.

<70> 도 9에 도시된 바와 같이, FA의 확률을 낮추기 위하여 확인 과정을 한번 더 거치도록 한다. 이 때 확인을 위한 상관 계수에 해당하는 최종 결과값 $\hat{t}_{n-confirm}$ 는 다음 수학적식 4와 같이 나타낼 수 있다.

<71> 도 10은 본 발명에 따른 확인을 위한 자기상관 방식을 포함한 심볼 타이밍 검출 과정을 나타내는 도면으로서, 확인을 위한 자기상관 방식을 포함한 심볼 타이밍검출 과정을 정리한 것이다. 도 8과 비교하면, 확인을 위한 자기상관 방식을 위한 블록 (101, 105) 이외에는 유사한 방식으로 심볼 타이밍검출 과정을 거치게 되므로, 상세한 설명은 생략한다.

<72>

$$\hat{t}_{n-confirm} = \frac{\sum_{i=0}^{N_{WS}-1} y_{k-i} y_{k-N_{Delay}-N_{confirm}-i}^*}{\sum_{i=0}^{N_{WS}-1} |y_{k-N_{Delay}-N_{confirm}-i}^*|^2}$$

【수학적식 4】

<73> 그러나 검출 실패 확률 (DF) 과 거짓 경보 확률 (FA) 을 낮추기 위해서는 윈도우 크기를 충분히 키워야 한다. 그러면 구현에 대한 복잡도가 매우 커지므로 상기 제1 방법의 프레임 동기 과정에 타이밍의 정확도를 높이기 위한 타이밍 추정 과정을 포함시키는 제2 방법을 제시한다. 예를 들어, 제2 방법에서는 N 샘플의 윈도우를 갖는 자기 상관기를 이용하여 프레임의 시작점을 찾고, 추정 시점에서 N 샘플 구간 동안 자기 상관의 최대 피크를 찾아 타이밍 정확도를 48 샘플 구간 내로 높이는 방법이다.

<74> 도 11은 본 발명에 따른 60GHz 무선 LAN 시스템의 짧은 프리앰블에서 CP 심볼 대신 IS를 삽입한 경우의 프레임 동기 추정 과정을 설명하기 위한 도면으로서, 전술한 제1 방법을 위한 프리앰블 구조를 나타낸다. 전술한 짧은 프리앰블의 마지막 CP 길

이의 구간에 IS 심볼을 삽입하고, S_{16} 과 IS 심볼을 이용하여 교차 상관을 이용한 미세 심볼 타이밍 추정을 수행할 경우 수행 구간에 제약을 받지 않는다. 따라서 검출 범위와 자기 상관의 윈도우 크기 또한 제약 없이 설정할 수 있다.

<75> 다만, 검출 범위 $(\pm N)$ 가 증가함에 따라 교차 상관의 수행 구간 $(2 \times |N|)$ 도 증가하므로 교차 상관기의 계산량을 고려해야 한다.

<76> 도 12는 본 발명에 따른 프레임 동기 과정에서 타이밍의 정확도를 높이기 위하여 타이밍 추정 과정을 포함시키는 방법을 설명하기 위한 도면으로서, 프레임 단위의 무선 데이터 통신을 위하여 주기적으로 반복되는 신호형태의 프리앰블을 가지는 프레임 동기 과정에서 타이밍의 정확도를 높이기 위하여 타이밍 추정과정을 포함시키는 방법에 대해 나타내고 있다.

<77> 이러한 자기 상관 시에 최대 피크를 찾기 위해서는 자기 상관의 출력이 예리한 피크를 가져야 한다. 이것은 적절한 위치에 IS 심볼을 삽입함으로써 얻을 수 있다. 예를 들어, 64 샘플의 윈도우 크기와 16 샘플의 윈도우간 간격을 고려하면 현재의 짧은 프리앰블에서 여섯 번째 S 심볼을 IS 심볼로 바꿔야 한다.

<78> 이와 같은 방법은 같은 크기의 자기 상관 윈도우 크기를 사용하였을 경우, 도 5에 도시된 바와 같이, 프리앰블 구간에서 피크가 떨어지는 이유로 DF가 전술한 제1 방법에 비해 높아지고, 타이밍 정확도에 의한 오차로 인해 FA 역시 높아져 전체적인 프레임 동기 성능은 저하된다. 반면에 미세 심볼 타이밍 추정시 교차 상관기의 계산량에서는 이득이 있게 된다.

- <79> 전술한 제1 방법에 대한 시뮬레이션 환경은 채널 모델은 AWGN, LOS, NLOS를 고려하였고, SNR은 5dB 및 10dB, 프레임 크기는 200 심볼이며, 클리핑은 하지 않았다.
- <80> 도 13은 본 발명에 따라, 프레임 동기 성능과 미세 심볼 타이밍 추정시 계산량을 고려한 윈도우 크기를 결정하기 위한 시뮬레이션 결과를 나타내는 도면으로서, 이때 검출 범위는 $\pm |window.size/2|$ 이고, NLOS 채널을 사용하였다.
- <81> 도 14a 내지 도 14c는 본 발명에 따라, 윈도우 크기를 64 샘플로 하고, 검출 범위를 64 (± 32) 샘플로 할 경우, 채널별 프레임 동기 알고리즘 성능 결과를 나타내는 도면이다. 여기서 'FAR'은 FA 확률을 줄이기 위한 확인 과정을 포함한 경우이며, 도 14a 내지 도 14c는 상기 타이밍 정확도를 높이는 방법을 이용한 프레임 동기 알고리즘, 제2 방법에 대한 성능을 분석하였다.
- <82> 도 15a 내지 도 15c는 본 발명에 따라, 전술한 제2 방법에 대한 자기 상관 윈도우의 크기를 64 샘플로 하고, 그 검출 범위를 각각 16, 32, 64인 경우, 프레임 동기 성능 알고리즘에 대한 결과를 나타내는 도면이다.
- <83> 도 16은 본 발명에 따른 SNR 5dB 상황에서 제1 방법의 알고리즘을 사용한 경우와 제2 방법에서 검출 범위가 16인 경우의 성능을 비교하는 테이블을 나타내는 도면이다.
- <84> 도 16에서 SNR 5dB 상황에서 제1 방법의 알고리즘을 사용한 경우와 제2 방법에서 검출 범위가 16인 경우의 성능을 비교하였다. 이 경우 도 16에 도시된 바와 같이, DF는 동일하고 FA는 제2 방법이 높다는 것을 알 수 있다. 그러나 미세 심볼 타이밍 추정시에 계산량은 제2 방법이 4배 적게 된다.

<85> 도 17은 본 발명에 따른 SNR 5dB 상황에서 검출 범위를 64 샘플로 동일하게 적용하였을 경우의 프레임 동기 성능을 비교하는 테이블을 나타내는 도면으로서, 도 17에서 제2 방법의 FA이 더 낮음을 확인할 수 있다. 다만, 이 경우에는 제1 방법에 검출 범위를 넓히기 위한 방법이 함께 고려되어야 한다.

<86> 위에서 발명을 설명하였지만, 이러한 실시예는 이 발명을 제한하려는 것이 아니라 예시하려는 것이다. 이 발명이 속하는 분야의 숙련자에게는 이 발명의 기술 사항을 벗어남이 없어 위 실시예에 대한 다양한 변화나 변경 또는 조절이 가능함이 자명할 것이다. 그러므로 본 발명의 보호 범위는 첨부된 청구 범위에 의해서만 한정될 것이며, 위와 같은 변화예나 변경예 또는 조절예를 모두 포함하는 것으로 해석되어야 할 것이다.

【발명의 효과】

<87> 본 발명에 따르면, 60GHz 무선 LAN 시스템에서 패킷 혹은 프레임 단위의 송수신이 이루어질 때 프레임의 시작점을 검출함으로써, 수신단에서 신호의 신뢰성 높은 복조를 가능하게 해주고, 또한 60GHz 무선 LAN 시스템 전체의 용량을 높일 수 있다.

<88> 또한, 본 발명에 따르면, 60GHz 무선 LAN 시스템 구현의 복잡도를 감소시킴으로써, 집적회로 제작에 따른 소요 비용을 절감시킬 수 있고, 전력소모에 민감한 무선 단말기에 적용될 경우, 재충전 전까지의 동작 시간을 연장시킬 수 있다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

무선 랜 시스템에서 동기화와 채널 상태 추정을 위해 하향링크 프레임의 프리앰블을 구성하는 방법에 있어서,

a) 상기 상향링크 및 하향링크 버스트의 앞부분에, 수신단에서 시간 동기 및 대략적 주파수 동기를 얻기 위해 사용되는 짧은 프리앰블 (Short Preamble)을 배치하는 단계 - 여기서 짧은 프리앰블 배치 단계는,

상기 상향링크 및 하향링크 버스트의 앞부분에 S 심볼을 복수 개 반복하여 배치하는 단계; 및

상기 S 심볼 후에 IS 심볼을 배치하는 단계

를 포함함 - ; 및

b) 상기 짧은 프리앰블 후에, 상기 수신단에서 미세 주파수 오프셋 추정과 채널 추정에 사용되는 긴 프리앰블 (Long Preamble)을 배치하는 단계 - 여기서 긴 프리앰블 배치 단계는,

상기 짧은 프리앰블 후에, 긴 CP (Long Cyclic Prefix)를 배치하는 단계; 및

상기 긴 CP 후에, L 심볼을 복수 개 반복하여 배치하는 단계

를 포함함 -

를 포함하는 프리앰블 구성 방법.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기 a) 단계에서,

상기 S 심볼은 데이터 심볼 주기 내에서 16번 반복되도록 배치되고,

상기 IS 심볼은 보호구간의 길이를 가지며, 상기 S 심볼과 180도의 위상차를 가지는

것을 특징으로 하는 프리앰블 구성 방법.

【청구항 3】

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 짧은 프리앰블의 주파수 영역 신호 SP_k 는 다음의 관계식

$$SP_k = \begin{cases} \sqrt{200/24} \times (C_{1,m+1}^4 + jC_{8,m+1}^4), & k = 16 \times m, 0 \leq m < 6 \\ \sqrt{200/24} \times (C_{1,m+1}^4 + jC_{8,m+1}^4), & k = 16 \times (m+1) + 4, 6 \leq m \leq 11 \\ 0, & otherwise \end{cases}$$

여기서, $\sqrt{200/24}$ 는 200개의 부반송파 중에서 12개의 부반송파만을 사용하기 때문에 발생하는 전력 정규화 값이고,

C_{sym}^4 은 s를 초기값으로 하고 다항식 $x^4 + x + 1$ 을 갖는 차수 4의 m-시퀀스 발생기에서 발생하는 수열 중에서 0을 -1로 도치한 값임.

을 따르는 것을 특징으로 하는 프리앰블 구성 방법.

【청구항 4】

제3항에 있어서,

상기 짧은 프리앰블의 시간 영역 신호는 상기 주파수 영역 신호 SP_k 를

IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)한 신호에 상기 IS 심볼이 추가되어 구성되는 것을 특징으로 하는 프리앰블 구성 방법.

【청구항 5】

제1항에 있어서,

상기 b) 단계에서,

상기 L 심볼은 각각 데이터 심볼 주기의 길이를 가지며 두 번 반복되도록 배치되고,

상기 긴 CP는 보호구간 길이의 두 배의 길이를 가지는

것을 특징으로 하는 프리앰블 구성 방법.

【청구항 6】

제1항 또는 제5항에 있어서,

상기 긴 프리앰블의 주파수 영역 신호 LP_k 는 다음의 관계식

$$LP_k = \begin{cases} C_{1,m+11}^s, & \text{if } k \neq 100 \\ 0, & \text{if } k = 100 \end{cases}, 0 \leq k < 200$$

여기서 , $C_{s,m}^8$ 은 s 를 초기값으로 하고 다항식 $x^8+x^7+x^6+x+1$ 을 갖는 차수 8의 m-시퀀스 발생기에서 발생하는 수열 중에서 0을 -1로 대치한 값임.

을 따르는 것을 특징으로 하는 프리앰블 구성 방법.

【청구항 7】

제6항에 있어서,

상기 긴 프리앰블의 시간 영역 신호는 상기 주파수 영역 신호 LP_k 를 IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) 처리한 신호를 두 번 반복시킨 후, 상기 CP 길이의 두 배의 길이로 긴 CP를 삽입하여 구성되는 것을 특징으로 하는 프리앰블 구성 방법.

【청구항 8】

제1항에 있어서,

상기 프리앰블의 파라미터에는 PLCP 프리앰블 구간, CP 구간, 짧은 훈련 시퀀스 구간 및 긴 훈련 시퀀스 구간이 포함되는 것을 특징으로 하는 프리앰블 구성 방법.

【청구항 9】

제8항에 있어서,

상기 프리앰블이 60MHz 무선 랜을 위한 시간 영역에서의 프리앰블인 경우, 상기 PLCP 프리앰블 구간은 $6.8\mu s$ 이고, 상기 CP 구간은 $0.133\mu s$ 이며, 상기 짧은 훈련 시퀀스 구간은 $2.27\mu s$ 이고, 상기 긴 훈련 시퀀스 구간은 $4.53\mu s$ 인 것을 특징으로 하는 프리앰블 구성 방법.

【청구항 10】

무선 LAN 시스템에서 프레임 단위로 전송되는 데이터의 프레임의 동기를 검출하는 방법에 있어서,

상기 프레임은 복수 개의 반복되는 S 심볼과 한 개의 IS 심볼을 구비한 짧은 프리앰블을 포함하며,

a) 상기 주기적으로 반복되는 신호 형태의 짧은 프리앰블의 자기상관 특성에 따라 프레임 동기를 검출하는 단계; 및

b) 상기 검출된 프레임 동기 후에, 특정 구간으로 설정된 윈도우에 따른 자기상관을 수행하여 타이밍을 추정하는 단계

를 포함하는 프레임 동기 검출 방법.

【청구항 11】

제10항에 있어서,

상기 a) 단계에서, 상기 프레임 동기 검출을 위해 자기상관의 윈도우 크기와 위상을 동시에 이용하는 것을 특징으로 하는 프레임 동기 검출 방법.

【청구항 12】

제10항에 있어서,

상기 a) 단계는,

i) 상기 짧은 프리앰블 신호를 자기상관 지연량만큼 지연시키는 단계;

ii) 상기 지연된 신호의 켄레 복소수 값을 상기 수신된 신호에 곱하여 평균값을 계산하는 단계;

iii) 상기 i) 단계에서 지연된 신호를 제공하여 평균값을 계산하는 단계;

iv) 상기 ii) 단계에서 계산된 평균값과 상기 iii) 단계에서 계산된 평균값에 기초하여 자기 상관값을 산출하는 단계

를 포함하는 프레임 동기 검출 방법.

【청구항 13】

제12항에 있어서,

상기 자기 상관값 \hat{r}_n 는 다음의 관계식

$$\hat{r}_n = \frac{\left| \sum_{l=0}^{N_{MS}-1} y_{k-l} y_{k-N_{Delay}-l}^* \right|}{\sum_{l=0}^{N_{MS}-1} |y_{k-N_{Delay}-l}|^2}$$

여기서, y_{k-l} 는 수신 신호이고,

$y_{k-N_{Delay}}^*$ 는 수신 신호가 N_{Delay} 샘플만큼 지연되어 켈레 복소수화된 신호임.

을 따르는 것을 특징으로 하는 프레임 동기 검출 방법.

【청구항 14】

제13항에 있어서,

상기 ii) 단계에서, 상기 곱해진 결과값은 소정의 윈도우 크기를 갖는 시프트 레지스터에 저장되는 것을 특징으로 하는 프레임 동기 검출 방법.

【청구항 15】

제12항에 있어서,

상기 b) 단계에서, 상기 설정된 윈도우 구간 동안 자기 상관의 최대 피크를 찾아 타이밍을 추정하는 것을 특징으로 하는 프레임 동기 검출 방법.

【청구항 16】

제10항에 있어서,

상기 b) 단계에서, 상기 IS 대신에 상기 CP가 삽입된 경우,

상기 자기 상관의 윈도우 크기는 16 샘플 이내로 설정되며, 상기 프레임 동기시에 검출 범위는 상기 프리앰블의 시작점을 기준으로 48 샘플 이내인 것을 특징으로 하는 프레임 동기 검출 방법.

【청구항 17】

제12항에 있어서,

상기 a) 단계는,

상기 iv) 단계에서 산출되는 자기 상관값을 확인하기 위해,

v) 상기 짧은 프리앰블 신호를 상기 자기상관 지연량과 특정 확인 지연량을 더한 지연량만큼 지연시키는 단계;

vi) 상기 지연된 신호의 켈레 복소수 값을 상기 수신된 신호에 곱하여 평균값을 계산하는 단계;

vii) 상기 v) 단계에서 지연된 신호를 제공하여 평균값을 계산하는 단계;

viii) 상기 vi) 단계에서 계산된 평균값과 상기 vii) 단계에서 계산된 평균값에 기초하여 상기 자기 상관값을 확인하기 위한 확인 상관값을 산출하는 단계를 더 포함하는 프레임 동기 검출 방법.

【청구항 18】

제17항에 있어서,

상기 확인 상관값 $\hat{r}_{n-confirm}$ 는 다음의 관계식

$$\hat{r}_{n-confirm} = \frac{\left| \sum_{i=0}^{N_{WS}-1} y_{k-i} y_{k-N_{Delay}-N_{confirm}-i}^* \right|}{\sum_{i=0}^{N_{WS}-1} \left| y_{k-N_{Delay}-N_{confirm}-i}^* \right|^2}$$

여기서, $y_{k-N_{Delay}-N_{confirm}}^*$ 는 수신 신호가 상기 자기상관 지연량 N_{Delay} 와 상기 특정 확인 지연량 $N_{confirm}$ 을 더한 샘플만큼 지연되어 켈레 복소수화된 신호임.

을 따르는 것을 특징으로 하는 프레임 동기 검출 방법.

【청구항 19】

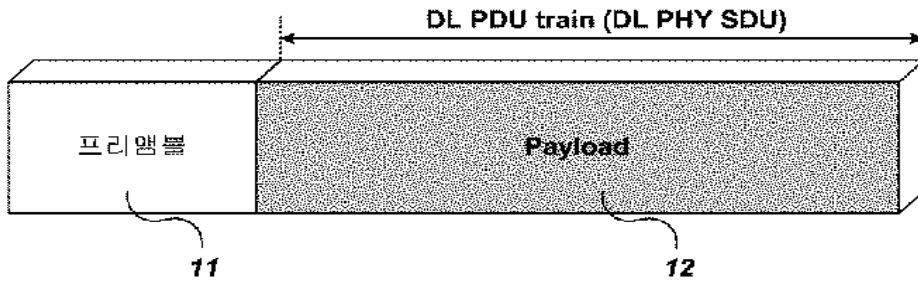
제18항에 있어서,

N 샘플의 윈도우를 갖는 자기 상관기를 이용하여 프레임의 시작점을 찾고, 추정 시점에서 N 샘플 구간 동안 자기 상관의 최대 피크를 찾아 타이밍 정확도를 ± 1 샘플 구간 내로 높이는

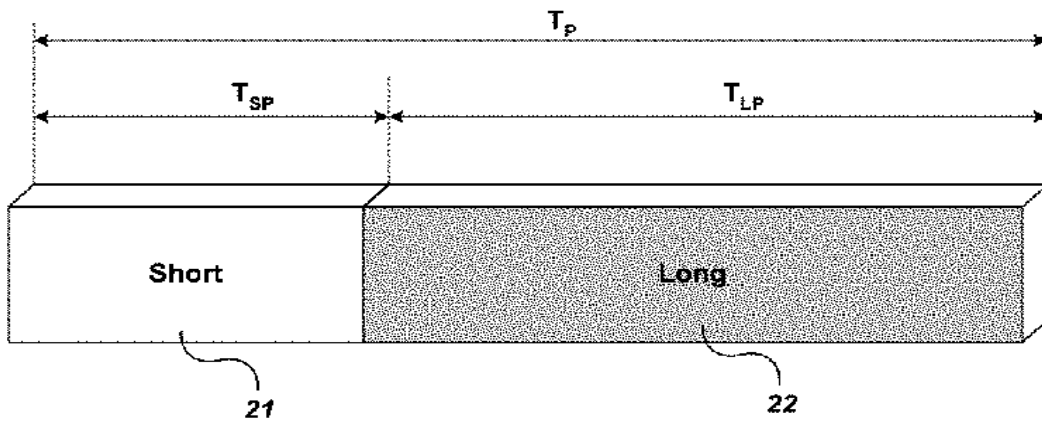
것을 특징으로 하는 프레임 동기 검출 방법.

【도면】

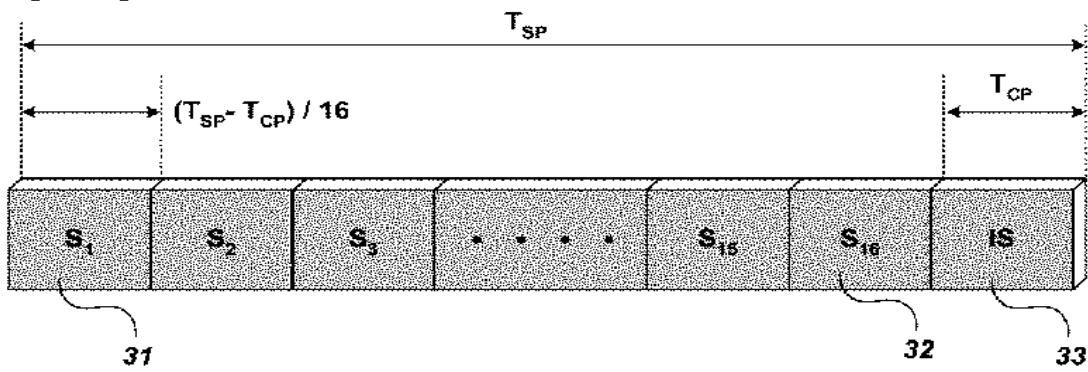
【도 1】



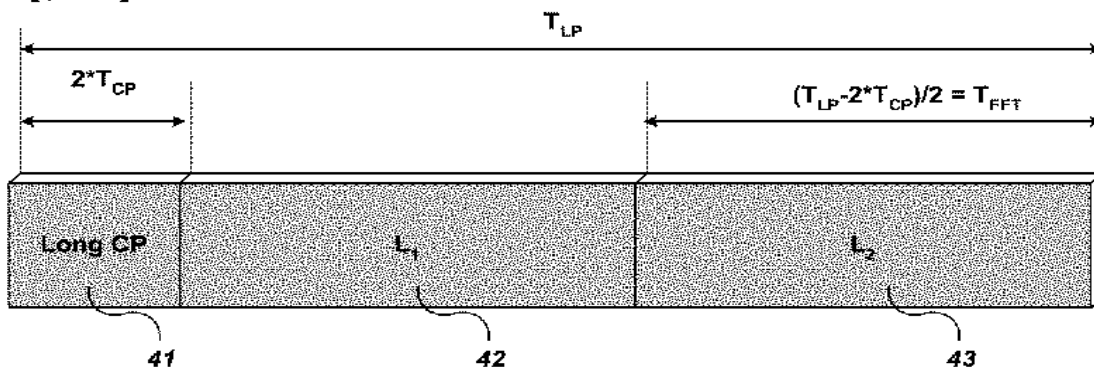
【도 2】



【도 3】



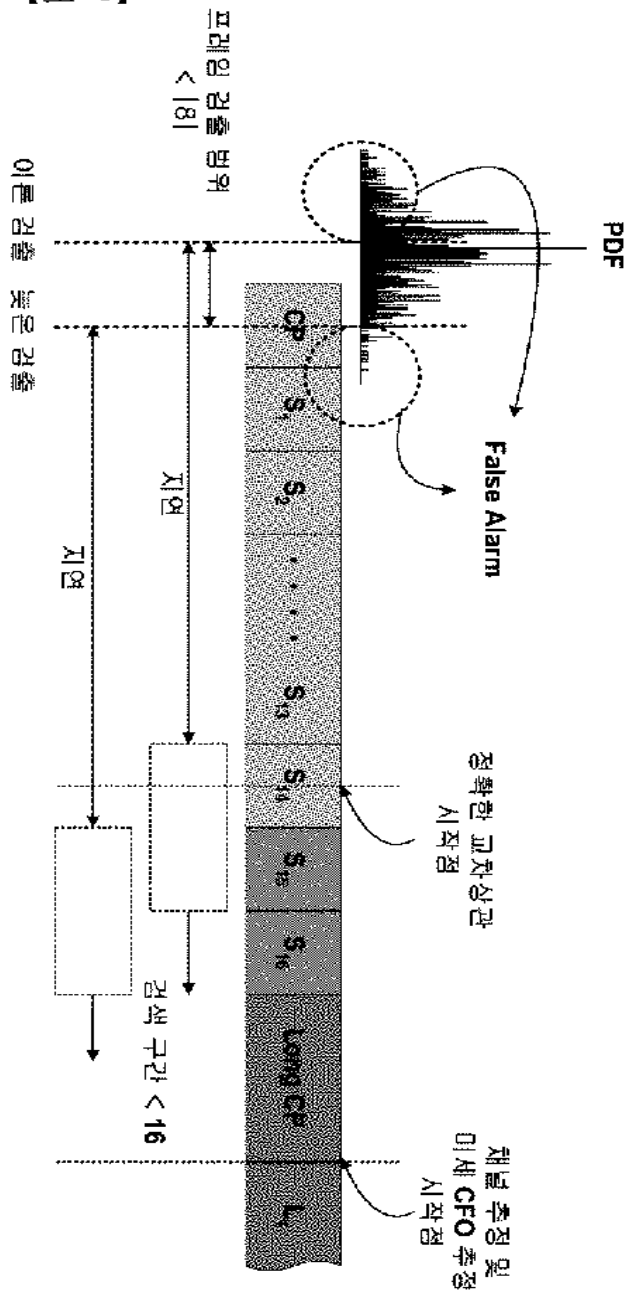
【도 4】



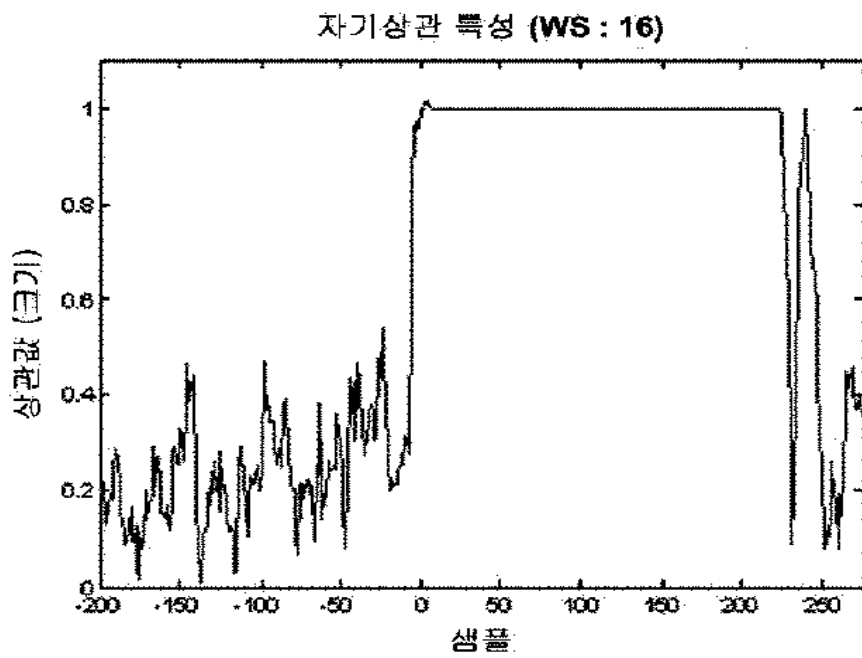
【도 5】

파라미터	값
T_p : PLCP 프리앰블 구간	$6.8\mu s (= T_{SP} + T_{LP})$
T_{CP} : Cycle prefix 구간	$0.133\mu s (= T_U / 16)$
T_{SHORT} : Short training 시퀀스 구간	$2.27\mu s$
T_{LONG} : Long training 시퀀스 구간	$4.53\mu s$

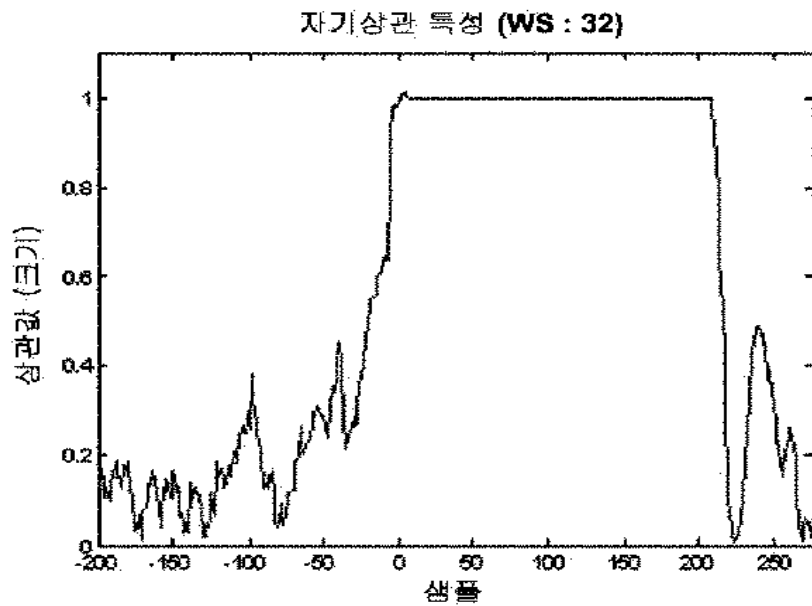
【도 6】



【도 7a】

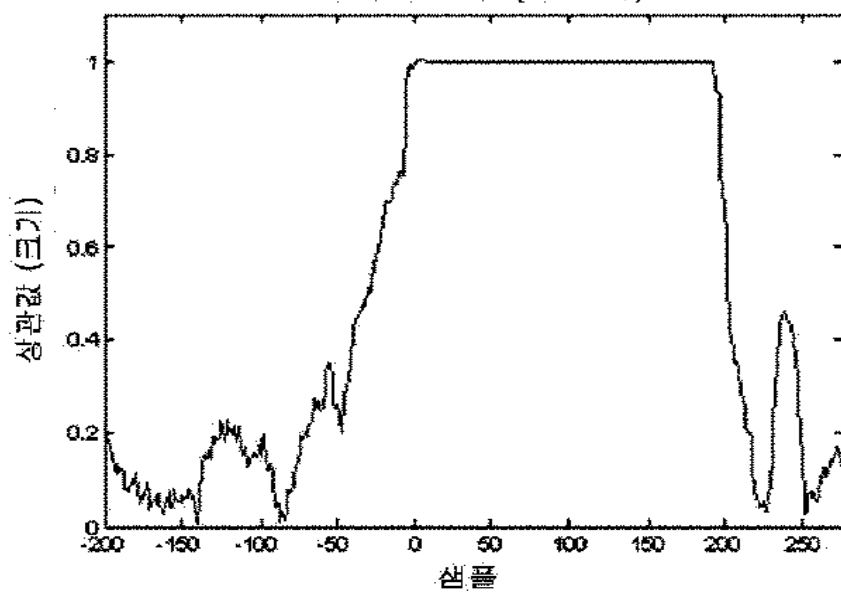


【도 7b】



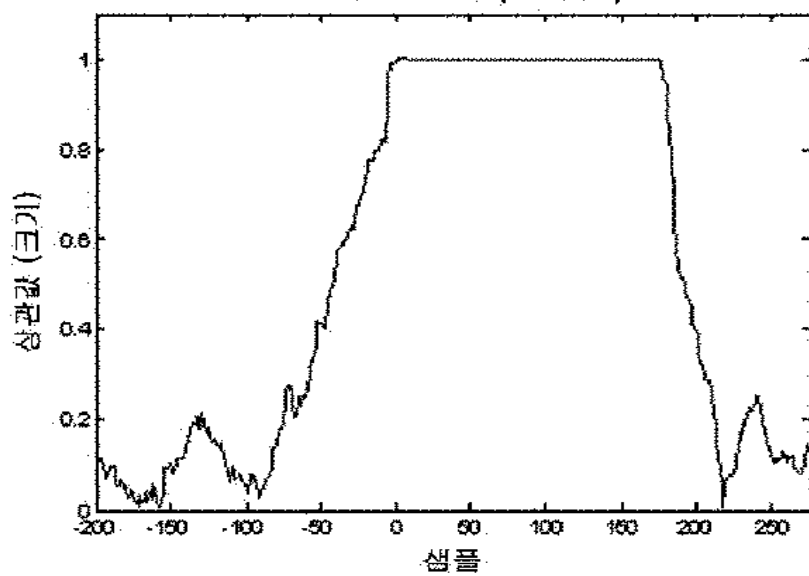
【도 7c】

자기상관 특성 (WS : 48)

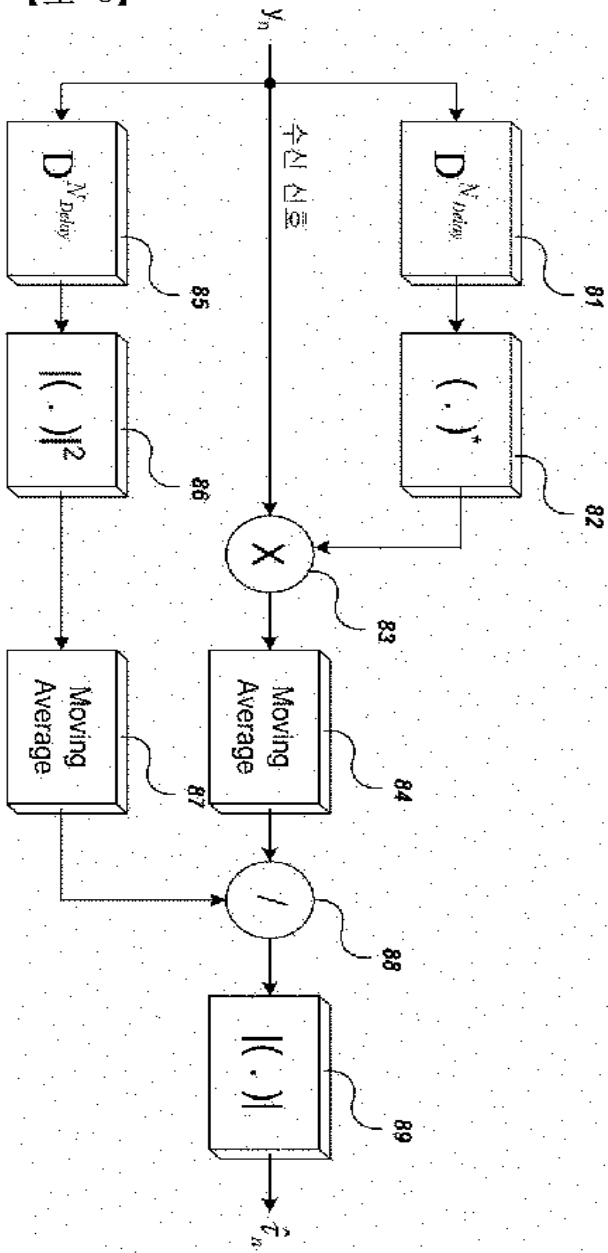


【도 7d】

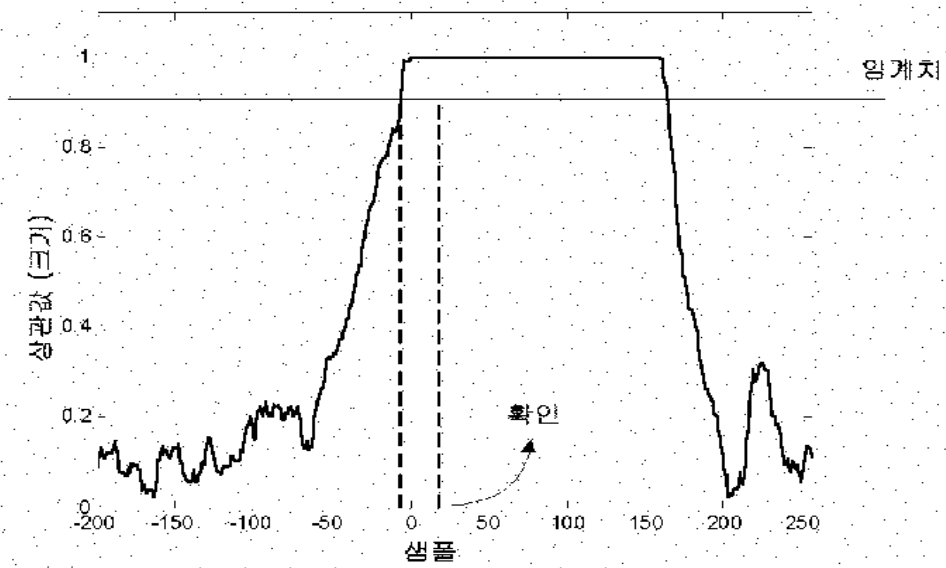
자기상관 특성 (WS : 64)



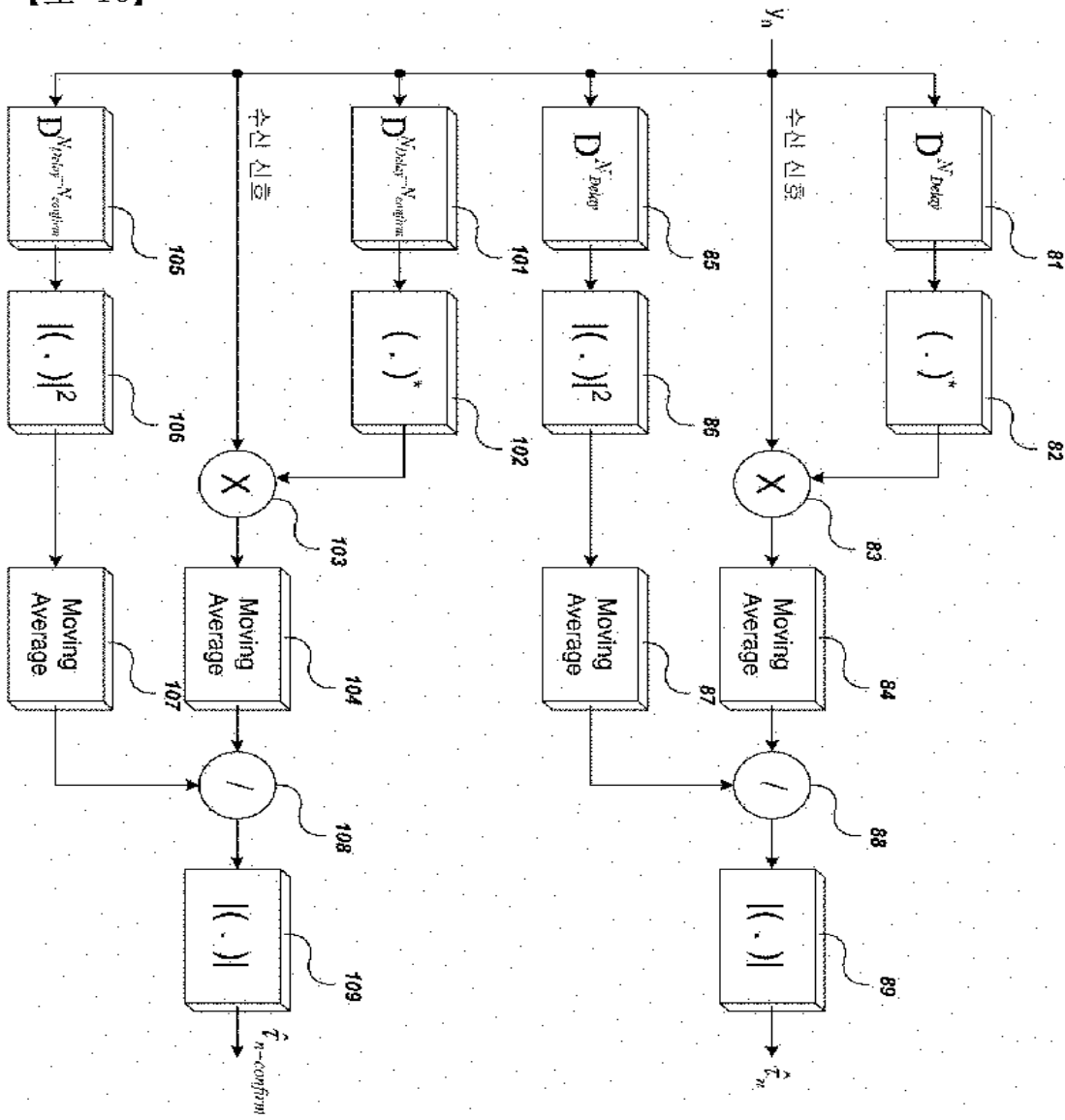
【도 8】



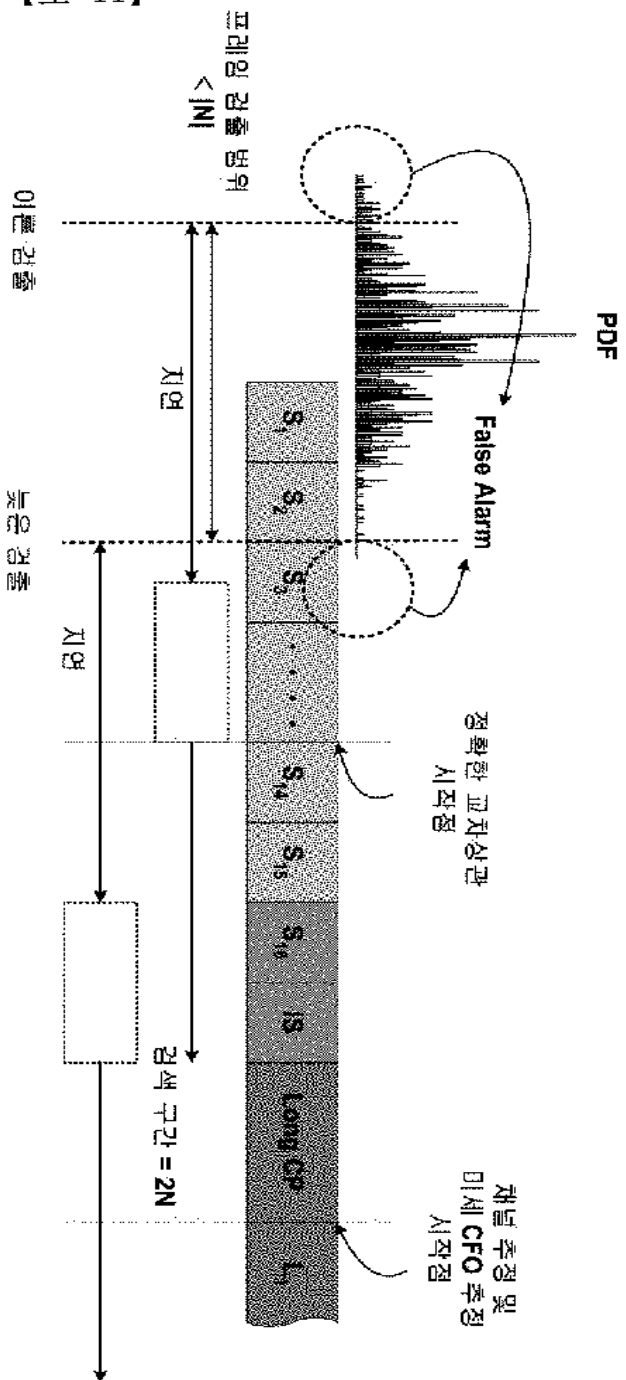
【도 9】



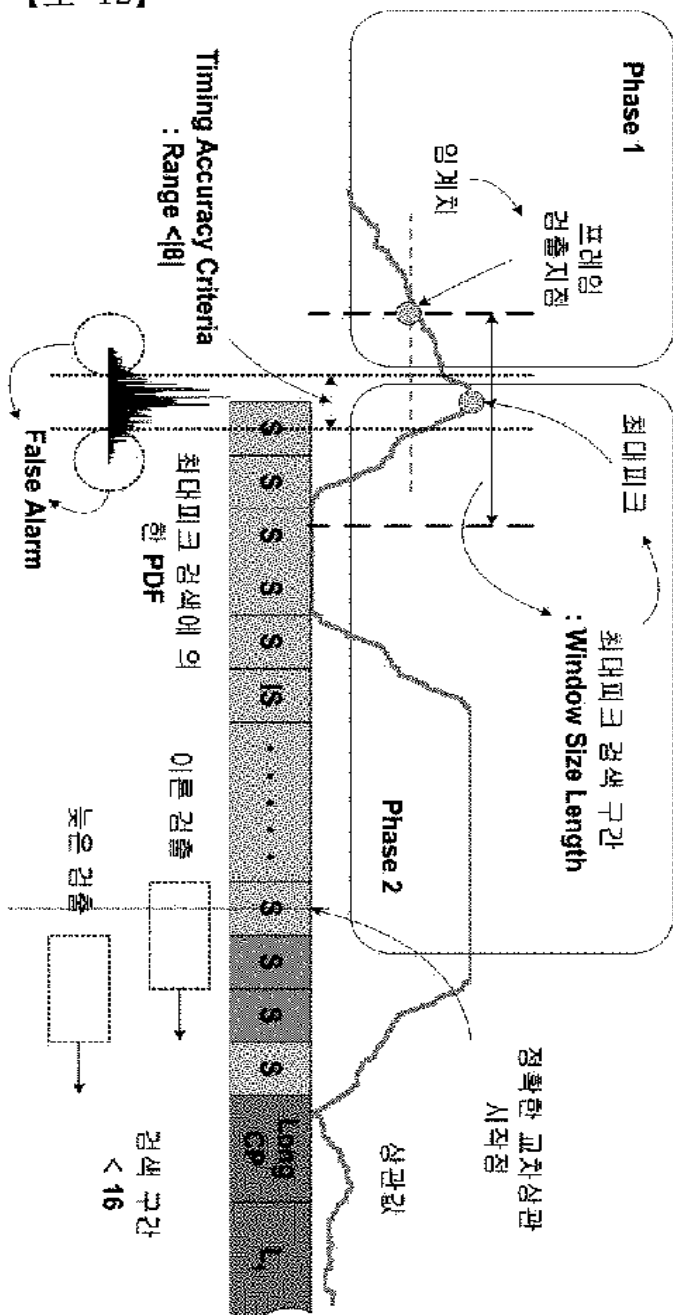
【도 10】



【도 11】

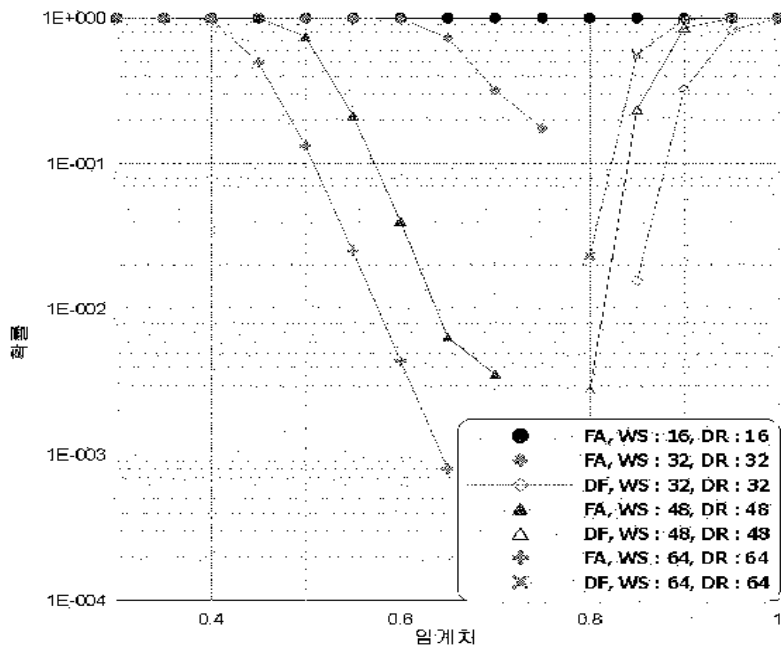


【도 12】



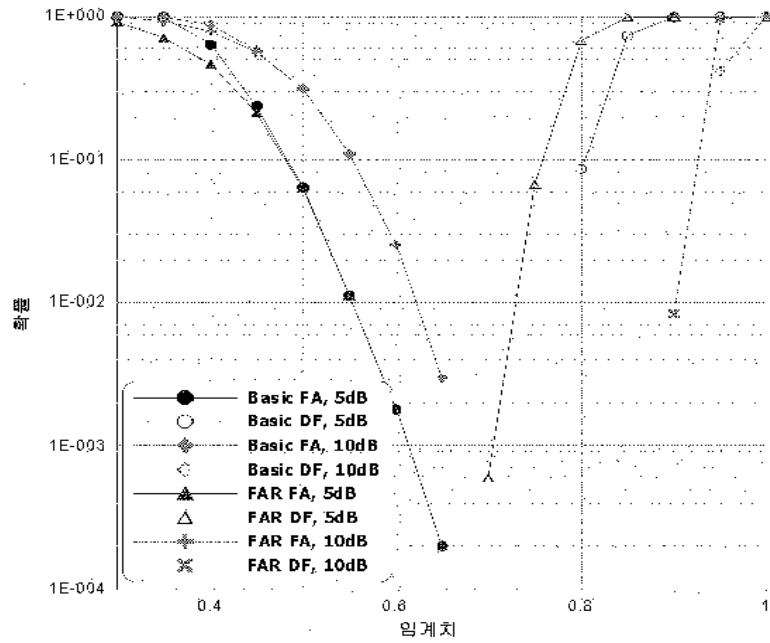
【도 13】

프레임 동기화 성능 (NLOS Ch., SBR : 5dB, CFO : 3.3)

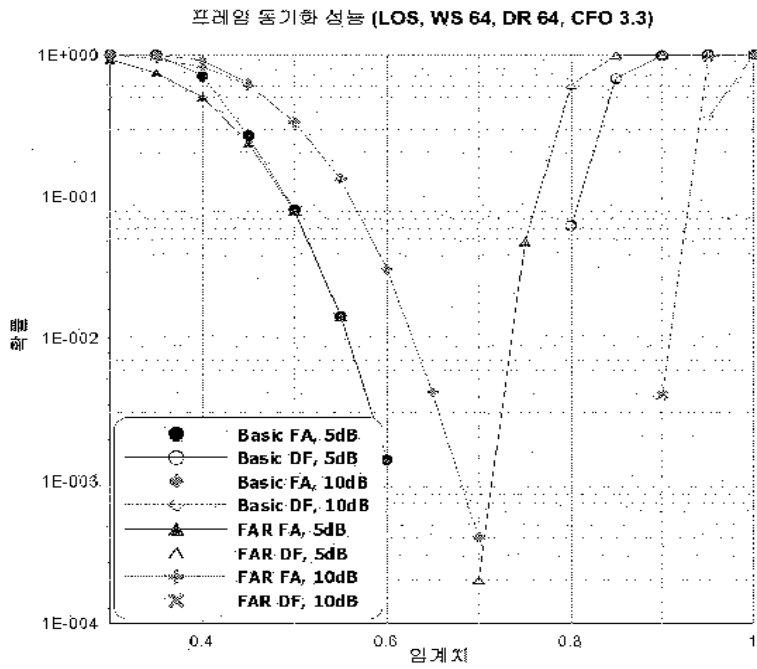


【도 14a】

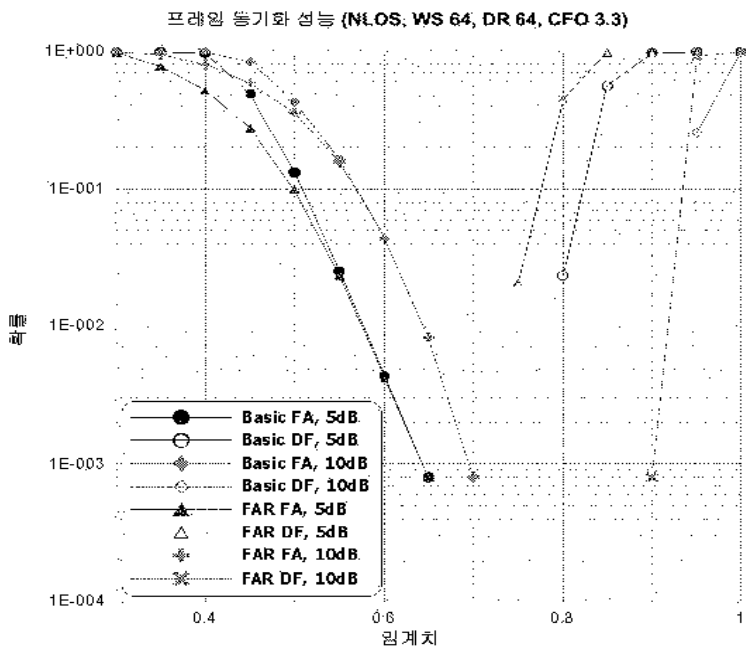
프레임 동기화 성능 (AWGN, WS 64, DR 64, CFO 3.3)



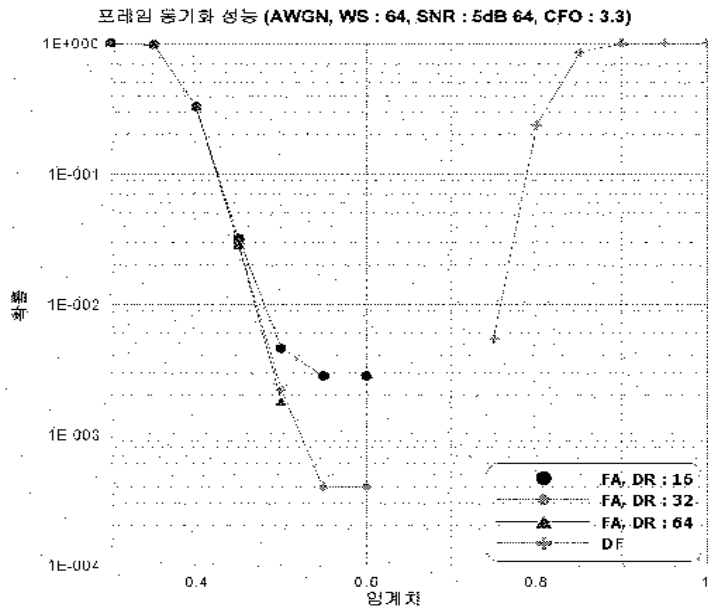
【도 14b】



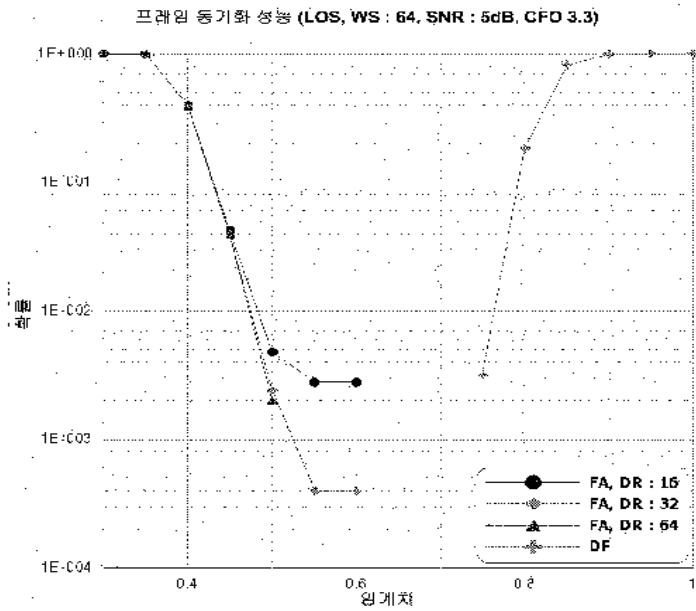
【도 14c】



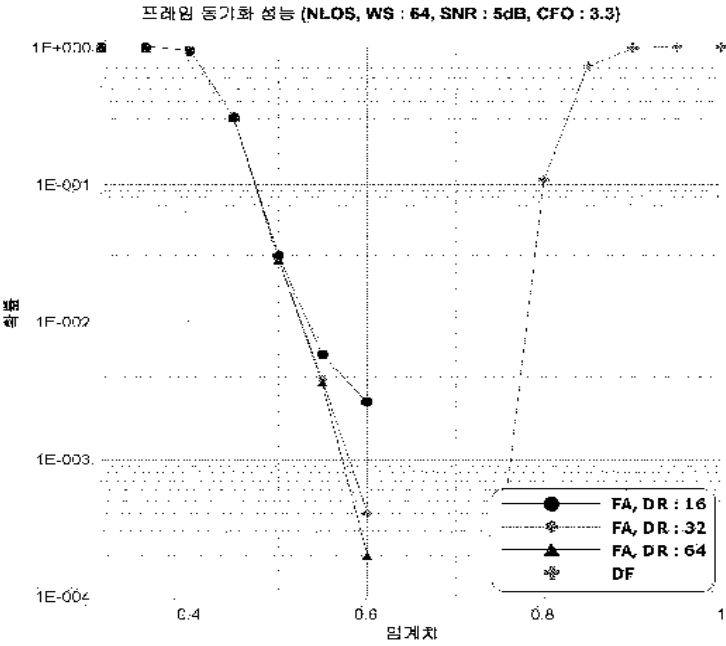
【도 15a】



【도 15b】



【도 15c】



【도 16】

채널	방법 1			방법 2 (검출 범위 : 16)		
	Threshold	FA	DF	Threshold	FA	DF
AWGN	0.65	2.000×10^{-4}	$< 2.000 \times 10^{-4}$	0.60	2.800×10^{-3}	$< 2.000 \times 10^{-4}$
LOS		$< 2.000 \times 10^{-4}$	$< 2.000 \times 10^{-4}$		2.800×10^{-3}	$< 2.000 \times 10^{-4}$
NLOS		8.000×10^{-4}	$< 2.000 \times 10^{-4}$		2.600×10^{-3}	$< 2.000 \times 10^{-4}$

【도 17】

채널	방법 1			방법 2 (검출 범위 : 64)		
	Threshold	FA	DF	Threshold	FA	DF
AWGN	0.65	2.000×10^{-4}	$< 2.000 \times 10^{-4}$	0.60	4.000×10^{-4}	$< 2.000 \times 10^{-4}$
LOS		$< 2.000 \times 10^{-4}$	$< 2.000 \times 10^{-4}$		4.000×10^{-4}	$< 2.000 \times 10^{-4}$
NLOS		8.000×10^{-4}	$< 2.000 \times 10^{-4}$		4.000×10^{-4}	$< 2.000 \times 10^{-4}$